

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03224063 A**(43) Date of publication of application: **03 . 10 . 91**

(51) Int. Cl.

**G06F 15/60**(21) Application number: **02020133**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(22) Date of filing: **30 . 01 . 90**(72) Inventor: **YOKOHARI TAKASHI  
ONISHI HIROO**(54) **OPTIMUM DESIGNING SYSTEM**

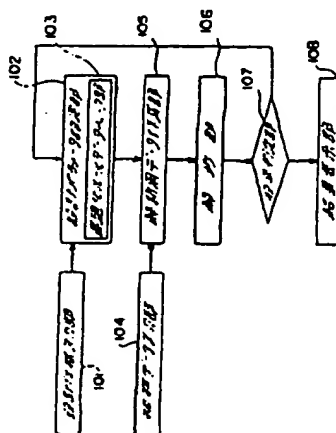
optimum model is automatically obtained.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&amp;Japio

**PURPOSE:** To output an optimum model by providing an interface between an analyzing part and a modeling part and performing automatically the change of the design parameter of a structure and a remodeling job as necessary based on the model analyzing result.

**CONSTITUTION:** A design parameter setting part 102 sets the initial value based on a range of the input design parameter by reference to an optimization rule data base. An analyzing data production part 105 produces an element model based on the design parameter to be applied and the initial form of a structure. An analyzing part 106 deforms and analyzes the element model, and a convergence deciding part 107 decides the deforming/analyzing result of the part 106. Receiving a result for a design parameter which is newly applied, the part 102 refers again to the optimization rule data base to output a new design parameter. The part 107 compares the old and new analyzing results with each other to hold the analyzing result more approximate to the design specifications. Then the part 107 ends its operation when the convergence is confirmed. Thus an



⑩ 日本国特許庁(JP) ⑪ 特許出願公開  
⑫ 公開特許公報(A) 平3-224063

⑬ Int. Cl.<sup>8</sup>  
G 06 F 15/60

識別記号  
310

庁内整理番号  
8125-5B

⑭ 公開 平成3年(1991)10月3日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 最適設計システム

⑯ 特 願 平2-20133

⑰ 出 願 平2(1990)1月30日

⑱ 発 明 者 横 張 孝 志 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内

⑲ 発 明 者 大 西 紘 夫 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 鶴 沼 辰 之 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

最適設計システム

2. 特許請求の範囲

1. 計算機を使用して構造物の要素モデルを作成し、該要素モデルの解析を行う最適設計システムにおいて、ユーザが構造物の設計仕様と該設計仕様の優先順位を入力するのに用いる設計仕様入力部と、ユーザが前記構造物の初期形状及び設計パラメータの適用範囲、境界条件を入力するのに用いる初期データ入力部と、前記設計パラメータの適用範囲から逐次適用すべき設計パラメータの作成を行い出力する設計パラメータ設定部と、前記設計パラメータの作成にあたって前記設計仕様の優先順位から適用すべき設計パラメータの変更を逐次指示する最適化ルールデータベースと、前記設計パラメータ設定部の出力の度に前記初期形状と設計パラメータ設定部が出力した設計パラメータを用いて構造物の要素モデルを作成する解析用データ作成部と、

該解析用データ作成部が作成した要素モデルを解析する解析部と、該解析部が解析した解析結果と既に解析された解析結果とを前記設計仕様に基づいて収束判定し、収束するまで前記設計パラメータ設定部に新たな設計パラメータの出力を要求する収束判定部と、を備えたことを特徴とする最適設計システム。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は計算機を使用した最適設計システムに関する。

(従来の技術)

従来の設計システムにより設計仕様に適合する構造物の最適モデルを作成する場合、構造物のモデルを作成するモデリングや作成したモデルの解析(例えば静的強度解析とか動的振動解析)は自動化されているとは言え、構造物のモデリングのための入力と、そのモデルの解析結果の判定は、その設計システムを用いるユーザが繰り返し行う必要があった。構造物をモデリングする際には、

成部材の板厚や長さ、材質等の設計パラメータをユーザが逐一定定するが、構造物の指定部位の強度、全重量、製造コストなどの設計仕様を満足させるために、それら設計仕様のトレードオフ（設計仕様項目の優先順位の入れ換え）をも考慮して設計パラメータを決定しなければならず、ユーザにかかる負担は大きい。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術は、構造物のモデリングを行なう部分と作成したモデルの解析を行なう部分が別々であるため、解析結果をモデリングに反映させる手続きはすべてユーザ自身に負わされていた。従って設計仕様を満足するモデルを得るまでモデリングと解析を繰り返す必要のある設計システムにおいて、毎回の設計パラメータ設定とモデリングに相当の時間を要するという問題があった。

本発明は解析を行う部分とモデリングを行う部分との間にインターフェイスを設け、モデルの解析結果から必要に応じて構造物の設計パラメータの変更と再モデリングを自動的に行ない、反復計

算の後に設計仕様を満足する最適モデルを出力する最適設計システムを提供することを目的とする。  
〔課題を解決するための手段〕

上記目的は、計算機を使用して構造物の要素モデルを作成し、該要素モデルの解析を行う最適設計システムにおいて、ユーザが構造物の設計仕様と該設計仕様の優先順位を入力するのに用いる設計仕様入力部と、ユーザが前記構造物の初期形状及び設計パラメータの適用範囲、境界条件を入力するのに用いる初期データ入力部と、前記設計パラメータの適用範囲から逐次適用すべき設計パラメータの作成を行い出力する設計パラメータ設定部と、前記設計パラメータの作成にあたって前記設計仕様の優先順位から適用すべき設計パラメータの変更を逐次指示する最適化ルールデータベースと、前記設計パラメータ設定部の出力の度に前記初期形状と設計パラメータ設定部が出力した設計パラメータを用いて構造物の要素モデルを作成する解析用データ作成部と、該解析用データ作成部が作成した要素モデルを解析する解析部と、該

解析部が解析した解析結果と既に解析された解析結果とを前記設計仕様に基づいて収束判定し、収束するまで前記設計パラメータ設定部に新たな設計パラメータの出力を要求する収束判定部と、を備えたことを特徴とする最適設計システムにより、達成される。

〔作用〕

本発明の最適設計システムにおいて、ユーザは設計仕様入力部を用いて、対象となる構造物の強度や重量、変形等の物理量を設定仕様として指定し、また初期データ入力部を用いて構造物の初期形状や板厚、寸法、材質等の設計パラメータの適用範囲、境界条件を入力する。設計パラメータ設定部は、最適化ルールデータベースを参照して入力された設計パラメータの範囲からまず初期値を設定して、適用すべき設計パラメータとして出力し、解析用データ作成部は適用すべき設計パラメータと構造物の初期形状を用いて要素モデルを作成し、解析部はその要素モデルを例えば変形解析し、収束判定部はその変形解析結果を設計仕様の

優先順位に基づいてその要素モデルの合否を判定し、この場合以前に解析した解析結果がないので、設計パラメータ設定部に新たに適用すべき設計パラメータを出力するよう要求する。要求を受けた設計パラメータ設定部は再び最適化ルールデータベースを参照してその最適化ルールに従った設計パラメータの変更量の指示を受けてその変更量に従った新たな設計パラメータを出力し、解析データ作成部及び解析部は既に説明した上記のように動作し、収束判定部は以前に求めた解析結果と比較して、より設計仕様に近い解析結果を保留する。上記のように最適設計システムは適用すべき設計パラメータの設定と解析データの作成、解析を繰り返して行い、解析結果が設計仕様に応じて収束した時点で最適設計システムの動作は終了する。

〔実施例〕

以下本発明の実施例を第1図から第10図により説明する。第1図は実施例の最適設計システムの全体構成図である。本実施例によれば、ユーザが、対象物の初期形状や、最初に適用する構

造物の寸法、材質等の設計パラメータや、それに設計パラメータの許容範囲等を入力し、さらに構造物の設計仕様を入力すれば、最適設計システムが、最初の構造物の解析用モデルを作成して、例えば静的強度解析を行い、その解析結果が設計仕様を満足するかどうかを判定し、その後は、既に求めた解析結果とユーザが入力した設計仕様に基づいて最適化ルールを用いて、設計パラメータの値を許容範囲内であるピッチで自動修正し、それより解析モデル（境界条件等の解析条件を付加したメッシュモデル）を生成して再解析を行い、最終的に解析結果が収束したとき、即ち、現段階以上の設計パラメータ修正の必要がないとき、設計仕様を満足する最適モデルを出力するものである。

第1図における初期データ入力部104は、ユーザが設計対象構造物の初期形状を作成するための形状モデリング機能と、材料特性や境界条件等の解析条件を対話形式で設定する機能を有する。これらは、設計パラメータ（寸法や材料特性値

等の正対象項目）の初期値と変更範囲を与えることが可能な造となっている。

解析用データ作成部105は、造物の形状と解析条件を与えたとき、解析モデル（解析条件を付加したメッシュモデル）を自動生成するものであって、まず初期データ入力部104で作成したデータが初期解析のため、解析用データ作成部105に入力され、初期解析モデルが作成される。

解析用データ作成部105で作成された初期解析モデルに対し、解析部106は、例えば変形解析を行う。

収束判定部107は、解析部106より得られた解析結果と以前に求めた解析結果との収束判定を行い、最適化が終了したか否かを検査するものである。解析結果が収束していない場合、あるいは、収束判定の比較対象がない初期解析の場合は、設計パラメータを最適化するため、設計パラメータ設定部102に処理を移す。

設計仕様入力部101は、最適化のための制約条件と、解析結果に対する（変形量や応力等の）

許容範囲と目標値、及び、設計仕様の優先順位を入力するものである。

設計パラメータ設定部102は、最初の解析モデルの後、次の解析モデルを作成するため、解析部106の解析結果、またはそれ以前の解析結果と、設計仕様入力部101でユーザが入力した設計仕様に基づき、最適化ルールデータベース103を検索して、現解析結果に対する対応策を求め、初期データ入力部104で指定した設計パラメータの値を変更範囲内で修正するものである。

設計パラメータ設定部102で修正された設計パラメータと初期データ入力部104で入力した初期データ（形状データ、解析条件）を基に解析用データ作成部105は新規の解析モデルを作成し、再び解析部106が解析を、そして収束判定部107が解析結果の収束判定を行う。

解析結果が収束するまで、設計パラメータ設定から収束判定までのサイクルを繰り返す、最終的に解析結果が収束したとき、結果表示部108に設計仕様を満足する最適モデルが表示される。

次に各部の具体的動作を説明する。第2図に一例として設計対象モデルの初期形状を示す。第3図は設計仕様入力部101における入力のための機器構成および画面例を示す。設計仕様の入力はシステムと対話型で行なうため、表示部としてグラフィックディスプレイ301を、入力手段としてペン302およびタブレット303を使用する。これはマウス等別の入力手段に置き換えることも可能である。図中、グラフィックディスプレイ301には、設計仕様項目の一例として構造物の変位量の範囲を設定するための設計仕様テーブル304が表示されており、またその上方には設計対象モデル305が表示されている。設計仕様テーブル304では例に示した変位量の他に、速度、加速度、圧力、接触力、応力、ひずみ、温度、熱流束等の範囲（最大値と最小値）の設定が可能である。また設計対象モデルは部品単位あるいは、それを構成する面、線単位でユーザが任意に指定できる構造となっている。

第4図は設計仕様項目として変位量を設定した

設計仕様テーブルを示す図である。設計対象モデルの一辺401の変形の範囲を3次元のZ方向に $\pm 5\text{mm}$ とするには、設計仕様テーブル402において変位番号1の行でZ方向/Maxの欄に5、Minの欄に-5、また、この場合は目標値の欄に0を入力した後、辺401を指定して変位番号1の変位量を割り当てる。画面には指定した線の付近に変位番号が表示される。この操作は、解析結果に関与しない表面積や重量等の設計仕様を含む他の設計仕様に対しても同様である。尚、目標値を入力しなければ、それを最適化のための制約条件として扱う。

第5図はユーザが入力する各設計仕様の優先順位を設定する設計仕様優先順位設定テーブルを示す図である。目標値が入力された設計仕様の一覧を設計仕様テーブル毎に付された通し番号とともに表示するので、優先順位の欄にその設計仕様の優先順位を入力する。これは最適化をする際、先ず優先順位の高い設計仕様の目標値に近くなるように形状変更などの処理を行なうためのものである。

のうちのいずれの端点を移動するかが判別可能な入力手段となっている。また、指定された線素が中心線と交差する場合は、その線素の両端点を移動点とし、中央を固定して対称に伸縮処理を行なう。

第7図は形状変更の対象となるモデルの例を示し、701と702はそれぞれグルーピングされた線素群であり、各線素上の黒丸は移動する端点を示している。これに対してある変形範囲が与えられた時の最大形状801と最小形状802をそれぞれ第8図及び第9図に示す。但し、これらの図で破線部は初期形状を表わしている。

設計パラメータ設定部102は、構造物の寸法や材質を解析結果に基づいて変更・設定するためのものであり、その判断のために最適化ルールデータベースを用いる。最適化ルールデータベース103には、経験的なルールを蓄積した知識ベースと、数値計画法に基づいて数学的に最適化を行う非線形計画法プログラムの両者が用意されており、問題によって使い分けることができ。

る。

初期データ入力部104は初期形状モデルと境界条件等の解析条件を与えるための対話型モデルであるが、形状変更に係わる部位の寸法範囲をあらかじめ入力するため、第6図に示すような寸法範囲設定テーブルを用いる。この寸法範囲の設定にあたっては、対称構造物の線に互に対称の位置にある複数の線素を共通に伸縮操作する必要があるモデルを考慮して、寸法変更の対称となる線素をグルーピングする。寸法範囲設定テーブルにおいて“線グループ番号”はグルーピングされた線素に固有に付けた番号を指す。記号“-”(マイナス)および“+”(プラス)は寸法変更の方向を示すものであり、寸法変更により面積(あるいは体積)が減少する方向の形状変化がマイナス、増加する方向の形状変化がプラスである。この範囲内で“ステップ値”が指定されていれば寸法の増減をステップ値の整数倍になるように調整して線素の伸縮を行なう。尚、寸法変更の対象となる線素を指定する際は、その線素を構成する2端点

まず、知識ベース方式による最適化の概略を第10図によって説明する。最適化ルールの検索は設計仕様入力部101で入力した各設計仕様の優先順位に応じて行なわれる。例えば、ある最適設計において、構造物の表面積最小(許容限界 $\alpha$ )および最大主応力 $\beta$ 以下(目標値0)という設計仕様が与えられた場合、一般に表面積が減少すると応力が増加するので、これらは最適化のために相反する解決手段を要する。そこで、優先順位の高い方の設計仕様を先ず満足するように形状変更などの操作を行なうものである。最終的に設計パラメータ設定部102では寸法変更範囲を指定されている部位の具体的な数値(変更量)あるいは材質(材料特性値)を決定し、解析要データ作成部105に出力する。

つぎに、非線形計画法方式について説明する。非線形計画法プログラムは、目的関数と制約条件が設計パラメータの非線形関数で表わされるとき、制約条件を満足しつつ、目的関数を最小(または最大)にする設計パラメータを自動的に求めるブ

ログラムである。いま、優先順位1位の仕様について、目標値と現在値の差の絶対値を目的関数とし、他の仕様を制約条件として非線形計画法プログラムに入力すればよい。このとき設計パラメータの変化に対する目的関数、制約関数の変化率を求める。いわゆる感度解析の機能を利用すれば、効率的に計算が求められる。

解析要データ作成部105は、初期データ入力部104で入力した初期形状データと解析条件、あるいは設計パラメータ部102から出力されるデータから、解析に適した要素モデルを自動作成する。これに対して境界条件等の解析条件を付加するが、解析条件は有限要素法では要素あるいは要素を構成する節点単位に与えられる。本実施例のシステムにおける解析条件入力形状モデルのブロック(立体)、面、線、およびそれらを構成する節点単位に与えるが、本システムの形状変更により形状モデルの幾何構造(面や線の数、結合状態)は変化しないので、初期データ入力部104で与えた初期形状に対する解析条件は変更され

た形状に対しても有効である。尚、例えば面の中央に荷重をかけ、その面の大きさを変える場合は、あらかじめ面を4分割しそれらを構成する線素を同グループにして4面の交点に対して荷重条件を与える。

第11図、第12図及び第13図にそれぞれ、解析条件を与えた初期形状モデル1001、初期形状モデル1001を有限要素で分解した要素モデル1002、設計パラメータ設定部を介して形状変更された後の要素モデル1003を示す。形状が異なれば要素モデルの構造(各面の分割数、全要素数)も変化するが、解析条件はユーザが意図した部位に設定される。

以上の手続きで生成された解析用データは解析部106に入力され、解析部106が静解析や動的解析、熱解析、流体解析などの解析を行う。そして、その解析結果を入力して収束判定部107が前回の解析結果から変化があるかを調べ、変化がない場合は最適化が終了したので最終的に決定されたモデルの構造や材質を結果表示部108に

表示させる。解析結果が収束していない場合は、さらに最適化できる可能性があるため、判定収束部107は設計パラメータ設計部102に処理を戻し、再びここで最適化を図る。結局、このシステムにより、ユーザの入力した設計仕様を満足する最適モデルが得られる。

以上説明したように本実施例の最適設計システムにおいては、従来は別個に動作していた解析部とモデリング部を統合し、解析結果がモデリングに反映されるようにした。本システムのモデリング部は、構造物の初期形状データおよび境界条件等の解析条件をユーザが入力するための対話型モデル(これは初期データ入力部に当たる)と、設計パラメータを元にして計算機が自動的に形状変更等のモデリングを行なう内部モデル(これは解析用データ作成部に当たる)から構成されている。モデリング部で作成されたデータにより、解析を実行し、その解析結果に設計仕様に適合しない項目があれば、最適化ルールに従って他項目とのトレードオフを行ない、材料の補強や切削、材質の

変更等、設計パラメータを変更し解析用入力データを生成し、再び解析する処理を設計仕様が満足されるまで行なうものである。

また設計パラメータの設定値は、形状変更を要する部位あるいは寸法変更量の範囲などをユーザが与えるので、ユーザの全く意図しない値が設定されることはない。設計パラメータに従って形状修正等を行ない、対話型モデルで作成したものと同一形式のデータを生成し、このデータに基づいて解析手段に適したモデルを生成して解析を行ない、解析結果履歴との比較により収束判定をするので、最終的に設計仕様を満足する最適モデルが得られる。

#### 〔発明の効果〕

本発明の最適設計システムによれば、ユーザが構造物の設計仕様、初期形状、設計パラメータの適用範囲、境界条件を入力すれば、設計仕様を満足する最適モデルが計算機を用いて自動的に得られるので、ユーザが1ケースずつモデリングと解析を行なう作業に比べて、データ入力時間と計算

時間が格段に短縮される効果がある。また、解析結果は客観的に判定され、収束するまで最適化が行なわれるので最適モデルの信頼性が向上する効果がある。

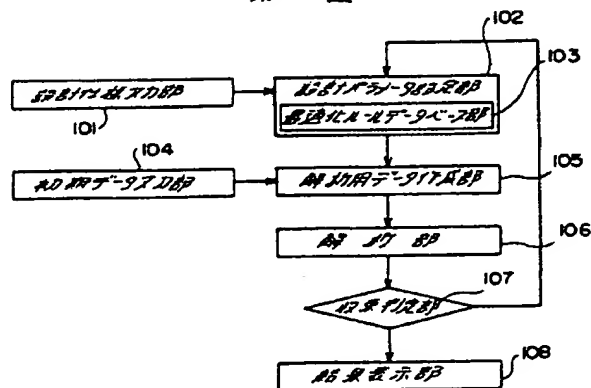
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の最適設計システムの全体構成図、第2図は設計対象モデルの初期形状の一例を示す図、第3図は設計仕様入力部における機能構成および画面例を示す図、第4図は設計仕様入力部で変位量を設定した例を示す図、第5図は各設計仕様の優先順位を入力するテーブルを示す図、第6図は初期データ入力部における寸法範囲を設定するテーブルを示す図、第7図は形状変更の対象となるモデルの例を示す図、第8図及び第9図はそれぞれ第7図のモデルに対し形状変更の処理をしたモデルを示す図、第10図は最適化ルールデータベースの簡略図、第11図、第12図及び第13図はそれぞれ解析条件を与えた初期形状モデル、その要素モデル、変更された要素モデルを示す図である。

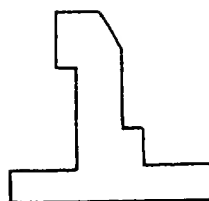
101…設計仕様入力部、102…設計パラメータ設定部、103…最適化ルールデータベース部、104…初期データ入力部、105…解析用データ作成部、106…解析部、107…収束判定部、108…結果表示部、402…設計仕様テーブル。

代理人 鷗 沼 廣 之

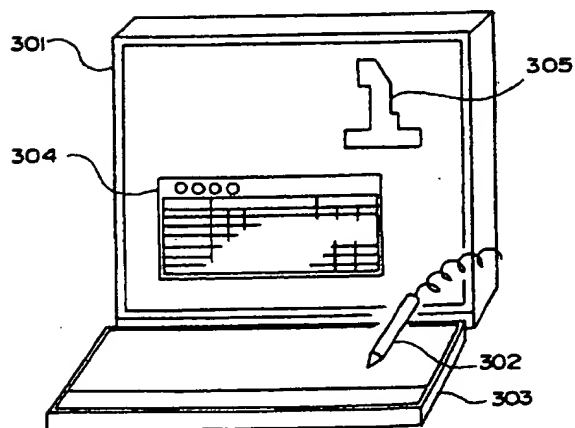
第1図



第2図

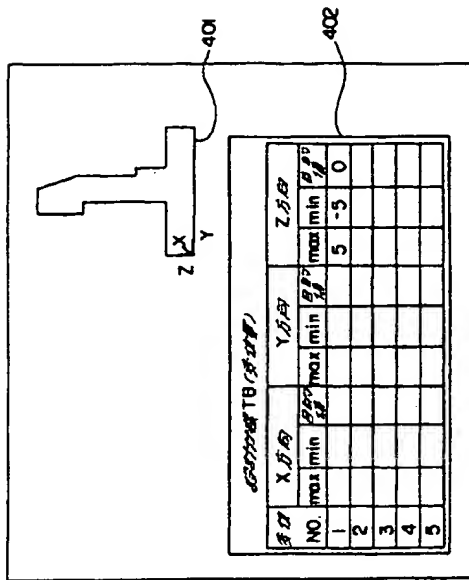


第3図

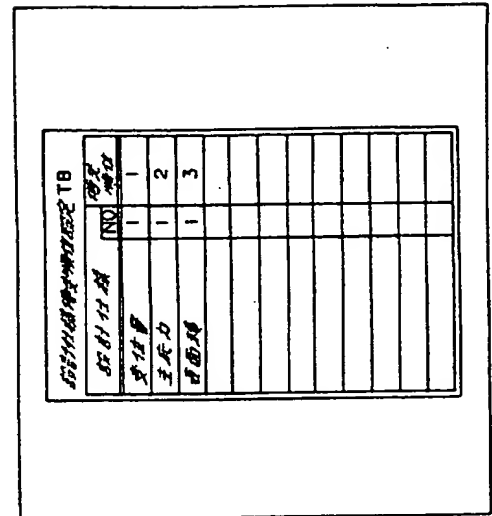




第4図



第5図

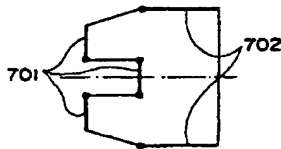


第6図

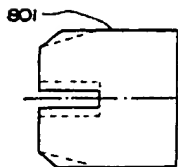
加工条件 TB

加工条件	+	-	ステップ
1	5.0	10.0	1.0
2	20.0	20.0	1.0
3			
4			
5			
6			
7			
8			

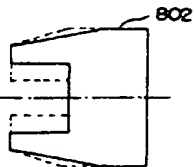
第7図



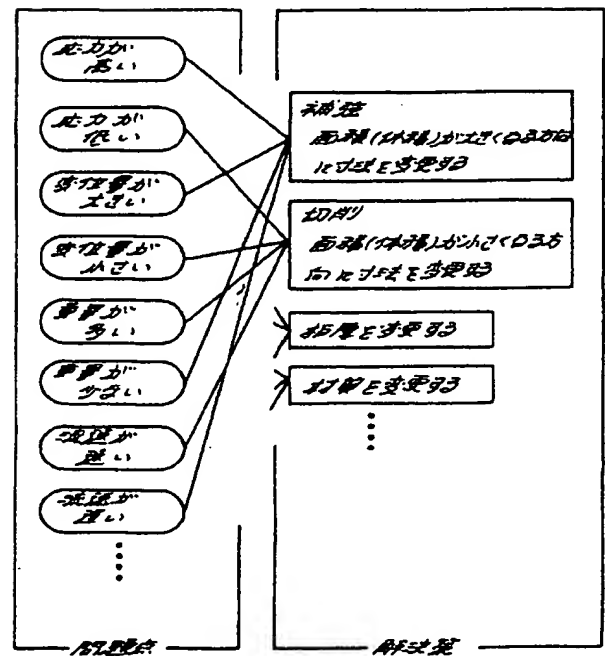
第8図



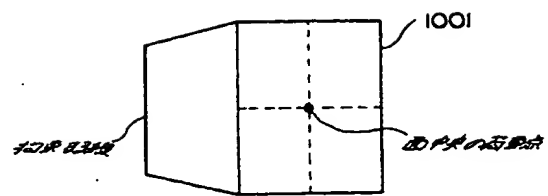
第9図



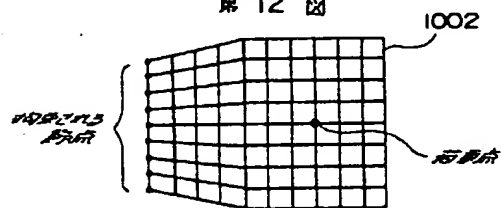
第10図



第 11 図



第 12 図



第 13 図

